

**Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství**

**Realizace měřicího systému na bázi karet**  
**PXI-6251**  
**Implementation of a Measuring System**  
**based on PXI-6251 Cards**

2011/2012

David Svozilek

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

## Zadání bakalářské práce

Student: **David Svozilek**  
Studijní program: B2649 Elektrotechnika  
Studijní obor: 2601R004 Měřicí a řídicí technika  
Téma: **Realizace měřicího systému na bázi karet PXI-6251**  
**Implementation of a Measuring System based on PXI-6251 Cards**

Zásady pro vypracování:

1. Seznámení se s problematikou PXI systémů a virtuální instrumentace.
2. Volba vhodného softwarového prostředí k realizaci virtuálního měřicího systému.
3. Návrh blokové struktury aplikačního software, grafické podoby rozhraní a nastavení virtuálního přístroje.
4. Implementace 32/16 kanálového systému pro měření a záznam okamžitých hodnot elektrických signálů na bázi dvojice karet NI PXI-6251, kontroléru NI PXI 8310 a šasi NI PXI 1036.
5. Experimentální ověření měřicího systému.
6. Zhodnocení výsledků řešení.

Seznam doporučené odborné literatury:

1. ŽÍDEK, J. *Grafické programování ve vývojovém prostředí LabView*. Ostrava, 2002. 215 s.
2. BILÍK, P. *Virtuální instrumentace II*. Výukový text pro studenty oboru Měřicí a řídicí technika, VŠB - TU Ostrava, 2009.
3. Technická dokumentace použitých prvků měřicího systému firmy National Instruments.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Orság, Ph.D.**

Datum zadání: 19.11.2010

Datum odevzdání: 04.05.2012



doc. Ing. Jiří Koziolek, Ph.D.  
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
děkan fakulty

## Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma realizace měřicího systému na bázi karet PXI-6251 vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce. Veškerá odborná literatura a další informační zdroje ze kterých jsem čerpal, jsou uvedeny v seznamu literatury na konci práce.“

V Ostravě dne: 20. ledna 2012



.....  
podpis autora

## Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Petru Orságovi, Ph.D za odborné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Ostravě dne: 20. ledna 2012



.....  
podpis autora

## **Abstrakt**

Cílem této práce je vytvoření virtuálního měřicího systému za použití dvojice měřících karet NI PXI-6251, kontroléru NI PXI-8310 a šasi NI PXI-1036. Měřicí systém je navrhnut pro měření, zobrazení a záznam okamžitých hodnot elektrických signálů. Tento virtuální měřicí systém je realizován pomocí programovacího jazyka LabWindows™ CVI 9.1.

## **Klíčová slova**

LabWindows CVI, měřicí systém okamžitých hodnot, National Instruments, karta NI PXI-6251, kontrolér PXI-8310, šasi NI PXI-1036

## **Abstract**

Point of those work is created virtual measuring system with couple of measuring carts NI PXI-6251, coneroller NI PXI-8310 and chassis NI PXI-1036. Mesuring system is designed for measuring, display and record immediate values of electrical signals. This virtual measuring system is realized with programming language LabWindows™ CVI 9.1.

## **Key words**

LabWindows CVI, measuring system of immediate values, National Instruments, cart NI PXI-6251, coneroller NI PXI-8310, chassis NI PXI-1036

## Obsah

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Prohlášení.....                                                                           | 3  |
| Poděkování.....                                                                           | 3  |
| Abstrakt.....                                                                             | 4  |
| Klíčová slova .....                                                                       | 4  |
| Abstract.....                                                                             | 4  |
| Key words .....                                                                           | 4  |
| Obsah .....                                                                               | 5  |
| Seznam použitých symbolů a značek .....                                                   | 6  |
| 1. Úvod.....                                                                              | 7  |
| 2. Současný stav měřicího systému a zvolení cíle bakalářské práce .....                   | 8  |
| 2.1. Základní vlastnosti měřících karet.....                                              | 8  |
| 2.2. Rozdělení měřících karet .....                                                       | 9  |
| 2.3. Analogové vstupy .....                                                               | 9  |
| 2.4. Analogový výstup.....                                                                | 10 |
| 2.5. Digitální vstupy a výstupy .....                                                     | 10 |
| 2.6. Čítače/časovače .....                                                                | 10 |
| 2.7. Sběr dat .....                                                                       | 11 |
| 2.8. Měřicí karta NI PXI-6251.....                                                        | 11 |
| 2.9. Kontrolér NI PXI-8310.....                                                           | 13 |
| 2.10. Šasi PXI-1036.....                                                                  | 14 |
| 3. Zpracování .....                                                                       | 15 |
| 3.1. Výběr programovacího jazyka.....                                                     | 15 |
| 3.2. Instalace LabWindows™ CVI, PXI karet a propojení PC s šasi pomocí karty PCMCIA ..... | 16 |
| 3.3. Pracovní návrh programu obsluhující jednu měřicí kartu .....                         | 17 |
| 4. Měřicí řetězec .....                                                                   | 21 |
| 4.1. Přesnost měřicího řetězce .....                                                      | 21 |
| 4.2. Jednoduchá a dvojitá kruhová vyrovnávací paměť měřicího systému .....                | 23 |
| 4.3. RTSI sběrnice (Real-Time System Integration Bus).....                                | 25 |
| 5. Výpis funkcí programové části měřicího systému a popis měřicí aplikace.....            | 27 |
| 6. Experimentální měření.....                                                             | 34 |
| 7. Závěr .....                                                                            | 38 |
| 8. Seznam použité literatury .....                                                        | 39 |
| 9. Seznam obrázků.....                                                                    | 40 |

## Seznam použitých symbolů a značek

|                           |                                                                             |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| A/D                       | analogově digitální převodník                                               |
| D/A                       | digitálně analogový převodník                                               |
| DAQ                       | (Data AcQuisition) zařízení pro sběr dat                                    |
| I/O                       | vstup/výstup                                                                |
| PXI                       | (PCI eXtensions for Instrumentation) platforma pro programovatelné automaty |
| $U_{\text{ref}}$          | referenční napětí [V]                                                       |
| $\varepsilon$             | absolutní chyba [V]                                                         |
| $\delta_{\text{karta}}$   | relativní chyba karty [%]                                                   |
| $\delta_U$                | celková relativní chyba měřicího řetězce při měření napětí [%]              |
| $\delta_I$                | celková relativní chyba měřicího řetězce při měření proudu [%]              |
| $\delta_{KA}$             | relativní chyba klešťového ampérmetru [%]                                   |
| $\delta_{\text{DAQP-HV}}$ | relativní chyba Racku Dewetron DAQP-HV [%]                                  |
| $\delta_{\text{DAQP-LV}}$ | relativní chyba Racku Dewetron DAQP-LV [%]                                  |

## 1. Úvod

Měřicí karty, či karty pro sběr dat, se využívají pro přímé měření, někdy i pro generování elektronických signálů. Takovéto měřicí karty mají několik užitečných funkcí, například čítače, časovače, analogové a digitální vstupy a výstupy. Díky tomu mnohou, při kladení menších nároků na přesnost, nahradit některé digitální měřicí přístroje. Jsou to například osciloskopy, generátory signálů a pulsů, různé převodníky a digitální multimetry. Jelikož jsou tyto karty připojeny k počítači, je velmi jednoduché ukládat změřené data do souboru. Tím se může zabránit případným chybám při odečítání dat.

Jelikož konkurence výrobců karet stále roste, některé druhy karet se dají pořídit i za cenu menší než jakou by stál digitální osciloskop. Když se zohlední rozsah možné práce s nimi, možnost jednoduché úpravy a zápisu zjištěných dat, není divu, že se měřicí karty v dnešní době staly běžným prostředkem v automatizační a technice. Ne každý student je schopen vyvinout dostačující software pro použití těchto karet, a proto je vhodné vyvinout základní program pro měření, zobrazování a zpracování elektrických signálů. Tento program se dá posléze rozpracovat do podoby, která je v daném případě potřeba.

## 2. Současný stav měřicího systému a zvolení cíle bakalářské práce

V této době je k dispozici hardware, který je zapotřebí k vytvoření měřicího systému. Cílem této práce je využít dostupného hardwaru k vytvoření měřicího systému ke sběru a ukládání elektrických veličin.

V současné době využívá měřících karet stále více lidí. Mezi hlavní odběratele patří výzkumná střediska, firmy zabývající se testováním a měřením, průmyslové zařízení pro vývoj, výrobu a kontrolu aj.. Z tohoto důvodu je na našem trhu k dostání řada měřících karet od nejrozličnějších výrobců. Mezi hlavní výrobce takovýchto karet se řadí hlavně National Instruments dále pak Advantech, TEDIA aj..

### 2.1. Základní vlastnosti měřících karet

V technické dokumentaci u každé měřicí karty se uvádí některé základní vlastnosti.

- Vstupy/výstupy (I/O)
  - Počet analogových I/O
  - Počet digitálních I/O
    - Mají-li watchdog
    - Je-li časování hardwarové nebo softwarové
  - Rozsahy
- Čítač/časovač
  - Jejich počet
  - Maximální frekvenci
  - Rozsahy a maximální frekvence
- A/D a D/A převodníky
  - Jejich přesnosti v bitech
  - Typ A/D převodníku
    - S postupnou aproximací
    - Paralelní
- Logické úrovně
- Rozměry
- Rozhraní
  - PCI
  - Ethernet
  - USB
  - RS-232, RS-248
  - Průmyslové sběrnice
- Druh I/O konektoru
- Provozní teplota
- Software potřebný pro zpracování dat



- Způsob napájení
  - Externě
  - Ze zařízení

Čím více funkcí mají tím jsou dražší. Proto je důležité se nejprve ujistit, zda měřicí karta poskytuje potřebné funkce.

## 2.2. Rozdělení měřících karet

Podle toho jaké mají funkce se dále dělí na:

- Specializované – pouze jednu funkci
  - Analogový vstup
  - Analogový výstup
  - Digitální I/O
  - Čítač/časovač
- Multifunkční – mají více funkcí

Následně se můžou dělit podle sběrnice:

- PCI
- PXI
- ISA
- USB
  - systém SCXI
- FireWire
- PCMCIA
  - notebooky
  - PDA

## 2.3. Analogové vstupy

*Mezi nejdůležitější parametry analogových vstupů patří maximální vzorkovací frekvence, napěťové rozsahy, počet vstupů a jejich rozlišení. [1]*

Při digitalizaci spojitého analogového signálu dochází k vytvoření velkého množství vzorků sledovaného signálu za každou vteřinu. Čím větší počet vzorků získáme, tím podobnější bude digitální signál analogovému spojitému signálu, tedy tím kvalitnější výsledek dostaneme.

*Některé levnější karty přepínají do jednoho převodníku všechny své vstupy. Má-li taková karta převodník s maximální vzorkovací frekvencí 200 kHz, získá se při měření deseti kanálů pouze 20 000 vzorků za sekundu na každém z nich. Navíc mezi odměry v jednotlivých kanálech bude zpoždění nejméně 5 s. Těmito nedostatky netrpí karty s plnohodnotným měřicím řetězcem (vstupní zesilovač a A/D převodník) pro každý kanál. [1]*

Napěťové vstupy mohou být asymetrické (SE – single ended) nebo symetrické (DI – differential). Některé karty umožňují použití obou vstupních modů a volba mezi nimi se provádí buďto propojkou nebo softwarově.

Vstupní rozsah měřících karet může být jak bipolární (např. -10V až +10V), unipolární (např. 0 až +10V), nebo nastavitelný (PGA – Programmable Gain Amplifier), který umožňuje snížit vstupní rozsahy.

*Rozlišení je sice v principu dáno použitým A/D převodníkem, ovšem ostatní zařazené obvody mohou výsledné vlastnosti karty zlepšit i zhoršit až o několik tříd. [1]*

## 2.4. Analogový výstup

Analogové výstupy se hodnotí pomocí stejných parametrů jako analogové vstupy. Málo kdy se zde však využívají přepínatelné rozsahy.

Avšak oproti analogovým vstupům mohou být analogové výstupy nejen napětového, ale i proudového charakteru. Proudový charakter mívá rozsahy 0 – 20 mA nebo 4 – 20 mA. Druhého rozsahu se využívá pro detekci zkratu.

## 2.5. Digitální vstupy a výstupy

Digitální vstupy/výstupy bývají implementovány téměř ve všech kartách. Některé z nich jsou vybaveny obousměrnými digitálními linkami u nich se tok dat přepíná softwarově. Většina má však pevně dány vstupní a výstupní linky.

Multifunkční karty mívají většinou pouze 8 digitálních linek. Oproti tomu speciální karty jsou schopny nabídnout digitálních linek 96 a více.

*Pro rychlé delší záznamy nebo generování digitálních posloupností jsou určeny speciální karty (tzv. digital waveform generator) s hardwarově časovanými digitálními linkami a vyrovnávací pamětí o velikosti až několik megabajtů. Takové karty lze použít jako analyzátor logických stavů, rychlý binární generátor (k programování paměti apod.), nebo jako univerzální rozhraní pro digitální komunikaci. [1]*

## 2.6. Čítače/časovače

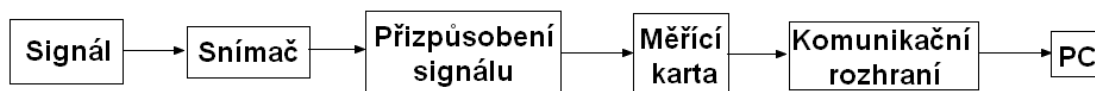
*Čítače a časovače se využívají pro dělení frekvence, počítání impulsů, připojení inkrementálních čidel, počítání impulsů [1]. K řízení čítačů a časovačů se používají registry.*

Čítač spravuje určité paměťové místo, ke kterému přičítá jedničku na základě zjištění náběžné nebo sestupné hrany sledovaného signálu (dá se říct že měří jeho kmitočet). Sledovaným signálem je u čítače nějaký vnější signál. Zde je rozhodujícím parametrem délka registru, to jest maximální hodnota registru, které když čítač dosáhne, tak přeteče. To má za následek, že čítač začne opět čítat od nuly. Tato délka se pohybuje většinou v rozmezí 16 až 32 bitů.

Časovač také spravuje určité paměťové místo, ke kterému přičítá jedničku, funguje také jako čítač s tím rozdílem, že je zde sledován nějaký vnitřní signál nějaký se známým průběhem a konstantní frekvencí (tzv. hodinový signál). Časovač se používá k vytvoření určitého časového intervalu, nejčastěji ve funkci zpoždění.

## 2.7. Sběr dat

Sběr dat neboli DAQ (z anglického *Data Acquisition*), je proces digitalizace spojitého analogového signálu do číslicové podoby, která umožňuje další zpracování na počítači.



Obr. 2.1 – blokové schéma sběru dat

- Signál – fyzikální veličina, chemická veličina aj.
- Snímač – převádí měřený signál na elektrický signál
- Přizpůsobení signálu – změna zesílení nebo filtrace signálu
- Komunikační rozhraní – rozhraní pro připojení karty k PC

Pro účel měření a analýzy naměřených elektrických signálů je potřeba vytvořit vhodný měřicí systém. Přední světoví výrobci nabízejí na trhu nejrůznější kompaktní měřicí přístroje nebo modulární systémy pro sběr a analýzu elektrických signálů. Pořizovací náklady těchto zařízení jsou nemalé a rostou zejména s jejich přesností, počtem vstupních kanálů, velikostí vzorkovací frekvence a množinou implementovaných funkcí, která ne vždy musí vyhovovat potřebám uživatele.

## 2.8. Měřicí karta NI PXI-6251

Tato vysokorychlostní multifunkční karta série M poskytuje kompletní sadu periférií potřebnou pro základní i pokročilé experimenty.

Její vstup je možno nastavit jako unipolární či bipolární. V této práci je vstup nastaven jako bipolární což znamená, že vstupní napěťový rozsah je od  $-U_{ref}/2$  do  $+U_{ref}/2$ . Karta PXI-6251 má bipolární vstupní rozsah 10 V ( $\pm 5$  V). Softwarově nastavitelné zesílení této karty zvyšuje její celkovou flexibilitu. Pro každý měřený kanál může být zvolena vlastní hodnota zesílení. Zesílení a odpovídající rozsahy vstupních napětí jsou uvedeny v následující tabulce:

| Zesílení | Aktuální vstupní rozsah |
|----------|-------------------------|
| 0,5      | -10 až +10 V            |
| 1,0      | -5 až +5 V              |
| 2,0      | -2,5 až +2,5 V          |
| 5,0      | -1 až +1 V              |
| 10,0     | -500 až +500 mV         |
| 20,0     | -250 až +250 mV         |
| 50,0     | -100 až +100 mV         |
| 100,0    | -50 až +50 mV           |

Tab. 2.1 - nastavitelné zesílení měřicí karty



Obr. 2.2 – karta PXI-6251 [2]

Zde je přehled několika vlastností použité karty. Další parametry a více informací je možno nalézt na [2].

- Vstupy/výstupy (I/O)
  - Analogový vstup
    - Kanály – 16, 8
    - Max. rozsah – -10V, +10V
    - Rozlišení – 16 bits
    - Vzorkovací frekvence – 1.25 MS/s
  - Analogový výstup
    - Kanály – 2
    - Max. rozsah – -10V, +10V
    - Update frekvence – 2.86 MS/s
  - Digitální I/O
    - Kanály – 24
    - Max. frekvence hodin – 10 MHz
    - Logická úroveň – TTL, CMOS
    - Max I/O rozsah – 0 V, 5 V
    - Časování - hardwarové i softwarové
- Čítač/časovač

- Čítače - 2
- Max. frekvence – 80 MHz
- Max rozsah – 0 V, 5 V
- Rozlišení – 32 bits
- Rozměry
  - Délka – 16 cm
  - Šířka – 10 cm
- Rozhraní
  - PXI Hybrid Compatible
- Druh I/O konektoru
  - 68-pin VHDCI female
- Software potřebný pro zpracování dat
  - Visual Basic 6
  - C/C++
  - Visual Studio
  - LabVIEW 7.x
  - LabWindows CVI

## 2.9.Kontrolér NI PXI-8310

Tento uvedený kontrolér tedy zajišťuje propojení měřicí karty PXI-6251 s notebookem a to pomocí karty PCMCIA. Tohoto zapojení je využito při dvou-kartovém měření.



*Obr. 2.3 – zařízení potřebné k připojení kontroléru k notebooku*

1. Šasi – zde se vkládá jak kontrolér tak měřicí karta
2. PXI kontrolér s PCMCIA kartou
3. Notebook se slotem pro PCMCIA kartu

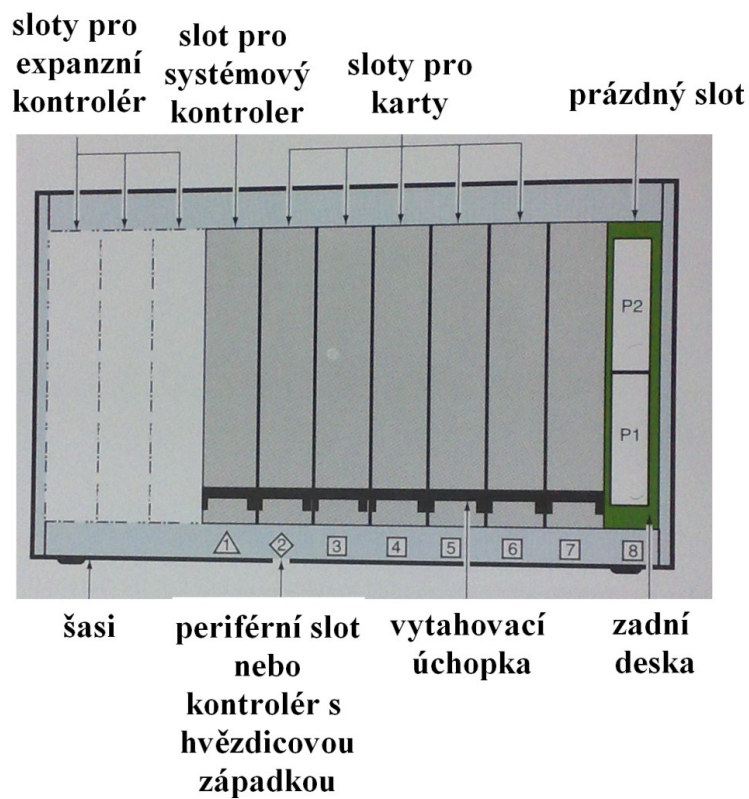
Pro více informací je nutno si stáhnout datasheet ze stránky [8].

## 2.10. Šasi PXI-1036

Šasi je zařízení pomoci, kterého je možné propojit měřicí karty a kontroléry. Díky vícero slotům v tomto zařízení může být využíváno více karet najednou a můžou být ovládány pouze jedním počítačem. Tímto způsobem je možno provádět o mnoho složitější experimenty. Pro více informací je nutno si stáhnout datesheet ze stránky [3].



Obr. 2.4 – šasi NI PXI-1036



Obr. 2.5 – popis šasi [5]

### 3. Zpracování

Po seznámení se s technickým stavem veškerého zařízení a ověření jeho funkčnosti je na řadě softwarové zpracování bakalářské práce.

#### 3.1. Výběr programovacího jazyka

Pro měření elektrických veličin, je mimo hardwarové části zapotřebí také softwarová část. Je potřeba vytvořit program, který realizuje komunikaci karty a PC. Karta NI PXI-6251 podporuje tyto a vyšší verze programovacích jazyků.

- LabVIEW 7.x
- LabWindows™/CVI 8.x/9.x
- Measurement Studio 7.x
- LabVIEW SignalExpress 1.x
- LabVIEW with the LabVIEW Real-Time Module 7.1.
- Visual Studio .NET
- C/C++
- Visual Basic 6

Nejprve byl projekt řešen v této bakalářské práci tvořen pomocí programovacího jazyka LabVIEW. Po provedení prvního pracovního návrhu na řešení tohoto projektu, bylo zvolení programovacího jazyka autorem práce přehodnoceno. Vizualizace je sice velmi příjemná a přehledná, ale programování v grafické formě je pro mne jako programátora začínajícím v textových programovacích jazycích nepříjemná. Je sice uváděno, že LabVIEW je nejjednodušší programovací jazyk a možná tomu i tak v některých ohledech je. Pro začátečníky v programování je grafický styl programování jistě vhodný. Další výhodou je, že výrobce tohoto programovacího prostředí a výrobce hardware je totožný. Tudiž je řešení kompatibility mezi hardware a software bezpředmětné.

Na konec z výše uvedených možných programovacích prostředí bylo vybráno programovací prostředí LabWindows™ CVI 9.1, dle doporučení vedoucího práce. Toto prostředí využívající ke tvorbě programového kódu klasický textový editor je z mého pohledu pro programátora, který začínal programovat v jazyce C či C++, a který teď sbírá zkušenosti v oblasti virtuální instrumentace vhodnější. Jednoduchá tvorba grafického rozhraní je zajištěna přehledným zpracováním panelů programovacího prostředí LabWindows CVI. Lze přehledně vkládat libovolné komponenty a tím vytvořit přehledný a uživatelsky přívětivý program. „Programová část programu se tvoří, na rozdíl od LabVIEW, klasicky strukturovanými textovými příkazy.“ Toto programovací prostředí je uvedeno na stránkách výrobce karty, proto by měla být zajištěna kompatibilita mezi hardware a software.

Grafické prostředí LabWindows CVI pro tvorbu uživatelského rozhraní není sice tak co vizualizačních prvků obsahově bohaté jako u LabVIEW, ale pro funkční a přehlednou tvorbu programů je více než dostačující.

### **3.2.Instalace LabWindows™ CVI, PXI karet a propojení PC s šasi pomocí karty PCMCIA**

Při instalaci programovacího prostředí LabWindows CVI a karty PCMCIA bylo zjištěno, že se při instalaci musí postupovat podle níže uvedeného postupu. Jestliže se tento postup nedodrží, program Measurement & Automation Explorer nebude schopen detekovat PXI karty.

#### **A. Instalace LabWindows CVI**

- Nejprve je potřeba nainstalovat LabWindows CVI. Instalace se zahájí po vložení CD Instal CVI x.x. Poté následuje konfigurace instalovaných součástí. Doporučuje se ponechat původní nastavení.
- V průběhu instalace si program vyžádá CD s ovladači.

#### **B. Instalace NI-DAQmx**

- Po spuštění instalace z CD NI-DAQmx x.x opět konfigurujeme její parametry. Doporučuje se ponechat původní nastavení.
- Jestliže je verze NI-DAQmx nižší než na CD s ovladači programu LabWindows CVI, celý krok B je potřeba vynechat.

#### **C. Instalace CardBus**

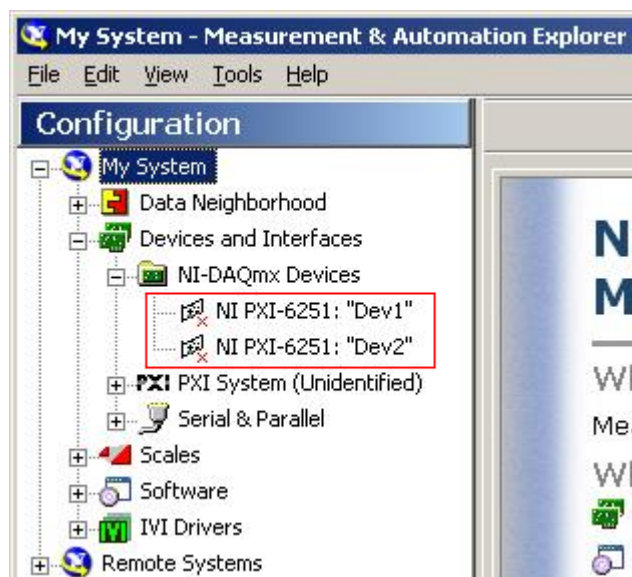
- Tento krok je velmi důležitý, protože touto instalací se vytvoří PCI Bridge. Instalace je provedena z CD NI-PXI 8310 CardBus.
- Tento Bridge vytvoří propojení mezi PC a šasi a tudíž umožní instalaci PXI karet.

#### **D. Instalace karet**

- PC i šasi musí být před instalací vypnuto
- Karta PCMCIA se zasune do PC
- Zapne se šasi
- Zapne se PC
  - i. Po najetí do operačního systému je detekováno nové hardwarové zařízení
  - ii. Instalaci karet je nutno provést automaticky (bez internetu) z CD NI-PXI 8310 CardBus
  - iii. Postupně se nainstalují obě karty

Jestliže byly při instalaci dodrženy všechny výše uvedené kroky, po spuštění programu Measurement & Automation Explorer se zobrazují nainstalované PXI karty v záložce zařízení červeně znázorněno na *Obr. 3.1*.





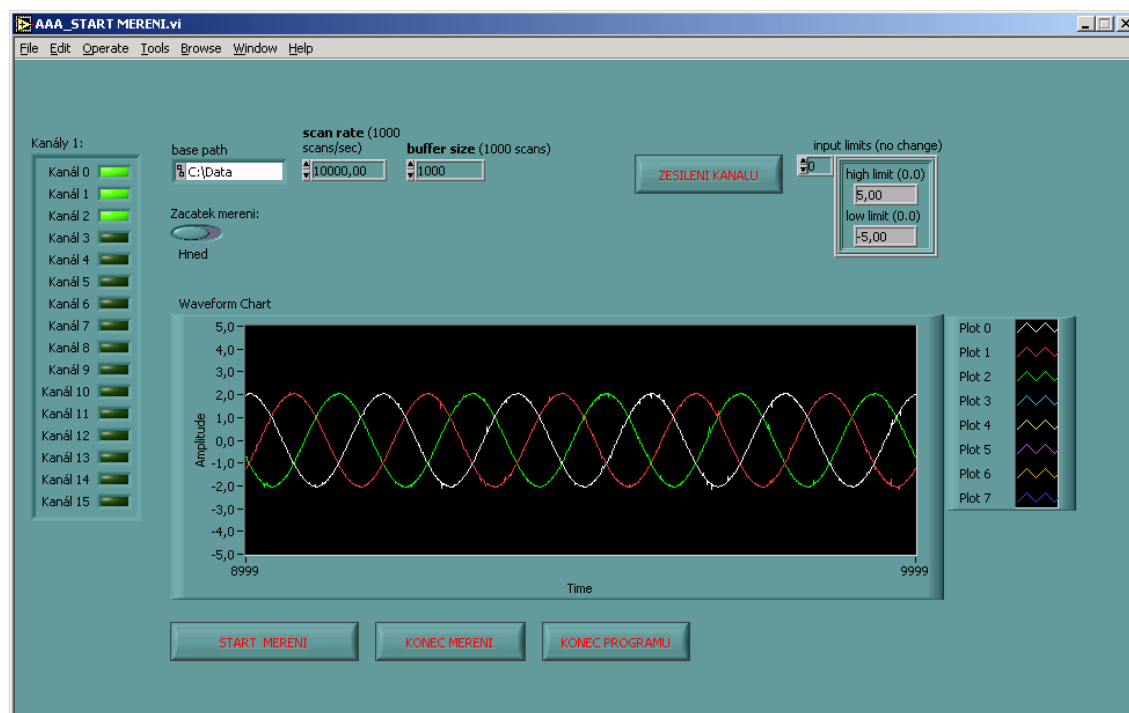
Obr. 3.1 - Zobrazení karet PXI

### 3.3. Pracovní návrh programu obsluhující jednu měřicí kartu

Pro prvotní seznámení s programovacím jazykem LabVIEW, bylo použito karty NI PCI-6052E. Jedná se o kartu série E. Při seznamování se s jazykem LabVIEW bylo postupováno podle skript Doc. Ing. Jana Žídka, CSc. [6]. Pomocí pokynů ve skriptech byl vytvořen měřicí systém pomocí, kterého bylo provedeno první reálné měření, jehož výsledek je možno pozorovat na Obr. 3.2. Bylo měřeno třífázové napětí, kde každá fáze byla napojena na svůj vlastní jeden kanál.

V druhém měření Obr. 3.4 bylo použito již 6 kanálů. Jak lze pozorovat, je-li v jednom grafu kanálů více, stává se výsledek vysoce nepřehledným. Odečítat z něj nějaké informace je nemožné. Proto finální řešení obsahuje možnost vybrat kanál nebo kanály a přesunout je na druhou osu x a tudíž umožnit snadnější a přehlednější měření. V grafu Obr. 3.4 jsou měřeny následující děje.

- Trojfázové napětí sítě
- Vstupní a výstupní fázové napětí měniče kmitočtu
- Fázové napětí na výstupní straně kmitočtového měniče

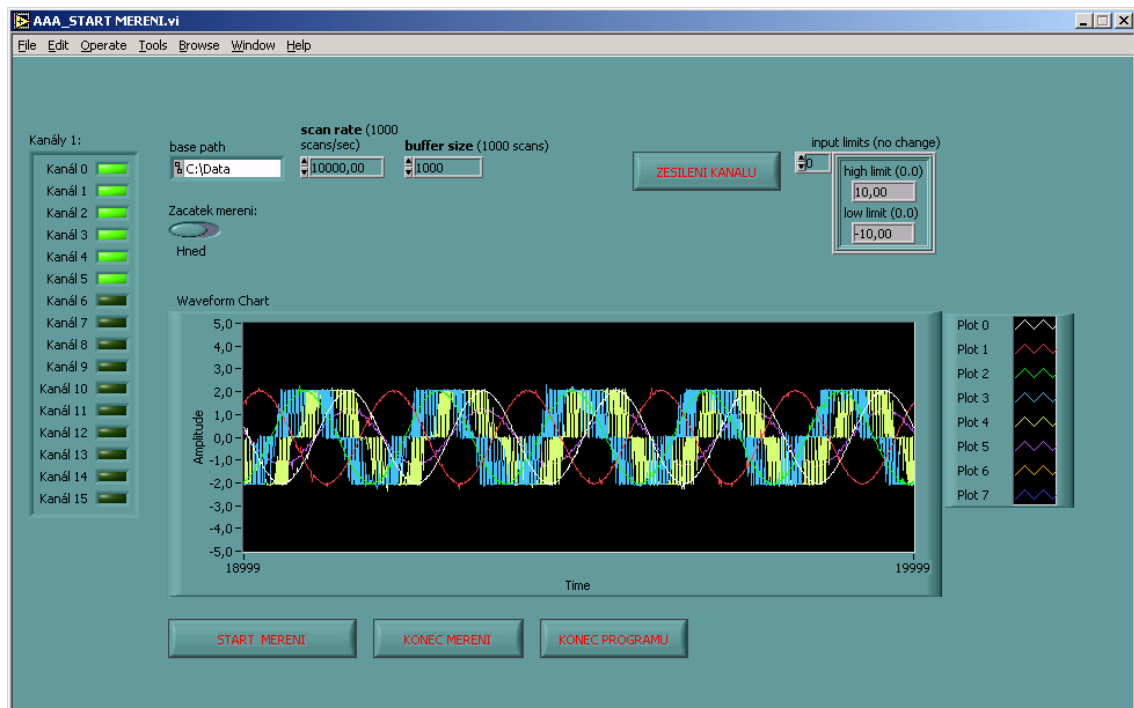


Obr. 3.2 – program pro měření jednou kartou 3 kanály

Zesílení kanálů je implicitně nastaven na jedničku. Je-li potřeba toto nastavení změnit, slouží k tomu tlačítko Zesílení kanálu. Po kliknutí na něj se objeví nové okno Obr. 3.3 s nastavením.

| Zesílení: | Vstupní rozsah karty: |
|-----------|-----------------------|
| 0,5       | -10 V až +10 V        |
| 1         | -5 V až +5 V          |
| 2         | -2,5 V až +2,5 V      |
| 5         | -1 V až +1 V          |
| 10        | -500 mV až +500 mV    |
| 20        | -250 mV až +250 mV    |
| 50        | -100 mV až +100 mV    |
| 100       | -50 mV až +50 mV      |

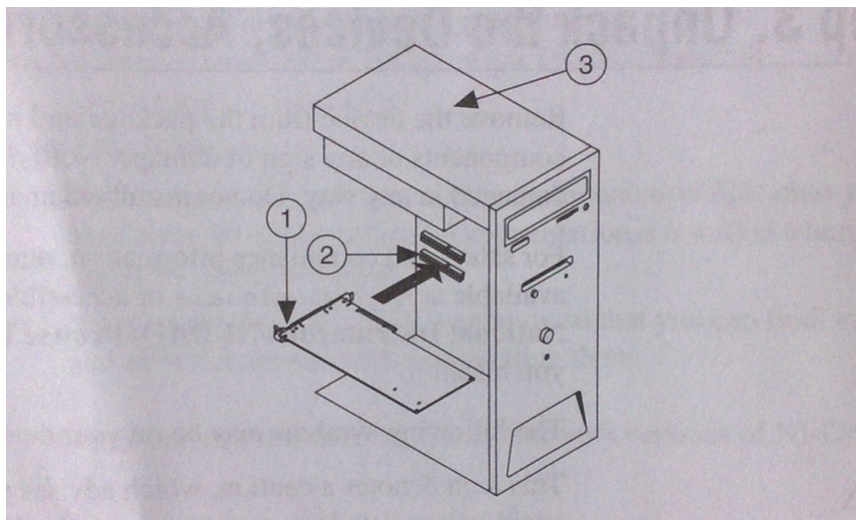
Obr. 3.3 – nastavení zesílení



Obr. 3.4 - měření šesti kanálů

Zde jsou uvedeny některé funkce měřicí karty. Pro více informací je nutno si stáhnout datasheet ze stránky [7].

- 16 nebo 64 analogových vstupů
  - Vzorkovací frekvence – 333 kS/s
  - Rozlišení 12 nebo 16 bits
- 2 analogové výstupy
  - Update frekvence – 1 MS/s
  - Rozlišení 12 nebo 16 bits
- 8 digitálních I/O
  - TTL/CMOS
- Analogová a digitální synchronizace
- 2 čítače/časovače
  - 24 bits
  - 20 MHz



*Obr. 3.5 – zapojení měřicí karty [4]*

1. PCI zařízení pro sběr dat
2. PCI slot
3. PC s PCI slotem

## 4. Měřicí řetězec

K získání měřicího systému je zapotřebí zkonstruovat měřicí řetězec. Měřicí řetězec se skládá z proudové a napěťové větve.

Signály měřených elektrických veličin jsou galvanicky odděleny izolačními zesilovači od měřicích karet. Výstup zesilovače je napojen kabelem přímo na kartu. Karta je napojena v šasi na kontrolér s kartou PCMCIA. Karta PCMCIA je zapojena do slotu v PC.

### Proudová větev

Měřená veličina -> klešťový ampérmetr C35N firmy Chauvin Amoux -> Signal Conditioning Rack Dewetron DAQP-LV -> NI SHC68-68-EPM -> karta NI PXI 6251

### Napěťová větev

Měřená veličina -> Signal Conditioning Rack Dewetron DAQP-HV -> NI SHC68-68-EPM -> karta NI PXI 6251

Použití zesilovačů Signal Conditioning Rack má několik výhodných. Lze s nimi nastavit šířku pásma, nastavit citlivost a největší výhodou je galvanické oddělení vstupu a výstupu.

klešťový ampérmetr C35N

- relativní chyba - 1,5%

Signal Conditioning Rack Dewetron DAQP-LV

- relativní chyba - 0,04%
- šířka pásma - 300 kHz

Signal Conditioning Rack Dewetron DAQP-HV

- relativní chyba - 0,04%
- šířka pásma - 300 kHz

### 4.1. Přesnost měřicího řetězce

Přesnost měřicího systému je dána chybou měřicího řetězce tj. chybou měřicí karty, zesilovače a případně ampérmetru. Absolutní chybu  $\varepsilon$  každého kanálu karty PXI 6251 lze vypočítat pomocí rovnic a údajů v katalogu specifikací ke kartě [10]:

$$\varepsilon = \pm(u_i * GainError + u_i * OffsetError + NoiseUncertainty) \quad (4.1) [10]$$

$$GainError = ResidualGainError + GainTempco * 1 + ReferenceTempco * 10 \quad (4.2) [10]$$

$$OffsetError = ResidualOffsetError + OffsetTempco * 1 + INLError \quad (4.3) [10]$$

$$NoiseUncertainty = \frac{RandomNoise * 3}{\sqrt{100}} \quad (4.4) [10]$$

Maximální absolutní chyba signálu napětí i proudu je vypočítána na rozsahu  $\pm 5V$ . Tato chyba je platná při okolní teplotě  $+15^{\circ}C - +35^{\circ}C$ .

$$GainError = 70 + 13 * 1 + 1 * 10 = 83 \text{ ppm} \quad (4.5)$$

$$OffsetError = 20 + 21 * 1 + 60 = 101 \text{ ppm} \quad (4.6)$$

$$NoiseUncertainty = \frac{140 * 3}{\sqrt{100}} = 42 \text{ } \mu V \quad (4.7)$$

$$\varepsilon = \pm(5 * 83 + 5 * 101 + 42) = \pm 1012 \text{ } \mu V \quad (4.8)$$

K výpočtu celkové relativní chyby měřicího řetězce je potřeba znát relativní chybu karty. Výpočet relativní chyby pro rozsah  $\pm 5V$ .

$$\delta_{karta} = \frac{\varepsilon}{u_i} * 100 = \frac{2024 * 10^{-6}}{5} * 100 = 0,04048 \% \quad (4.9)$$

Výpočet relativní chyby karty pro každý rozsah je zapsán v následující tabulce:

| Rozsah karty         | Relativní chyba |
|----------------------|-----------------|
| $\pm 10 \text{ V}$   | 0,03848 %       |
| $\pm 5 \text{ V}$    | 0,04048 %       |
| $\pm 2,5 \text{ V}$  | 0,04111 %       |
| $\pm 1 \text{ V}$    | 0,04392 %       |
| $\pm 0,5 \text{ V}$  | 0,05192 %       |
| $\pm 0,25 \text{ V}$ | 0,0744 %        |
| $\pm 0,1 \text{ V}$  | 0,1036 %        |

Tab. 4.1 - relativní chyby

Celková relativní chyba je součtem relativních chyb dalších zařízení. Signal Conditioning Rack Dewetron DAQP-HV i DAQP-LV mají relativní chybu 0,04%, klešťový ampérmetr C35N má relativní chybu 1,5%. Relativní chyba měřicí karty se doplní z výše uvedené tabulky.

Maximální celková relativní chyba měřicího řetězce, při měření napětí na rozsahu  $\pm 5V$ :

$$\delta_U = \delta_{DAQP-HV} + \delta_{karta} = 0,04 + 0,04048 = 0,08048 \% \quad (4.10)$$

Maximální celková relativní chyba měřicího řetězce, při měření proudu na rozsahu  $\pm 5V$ :

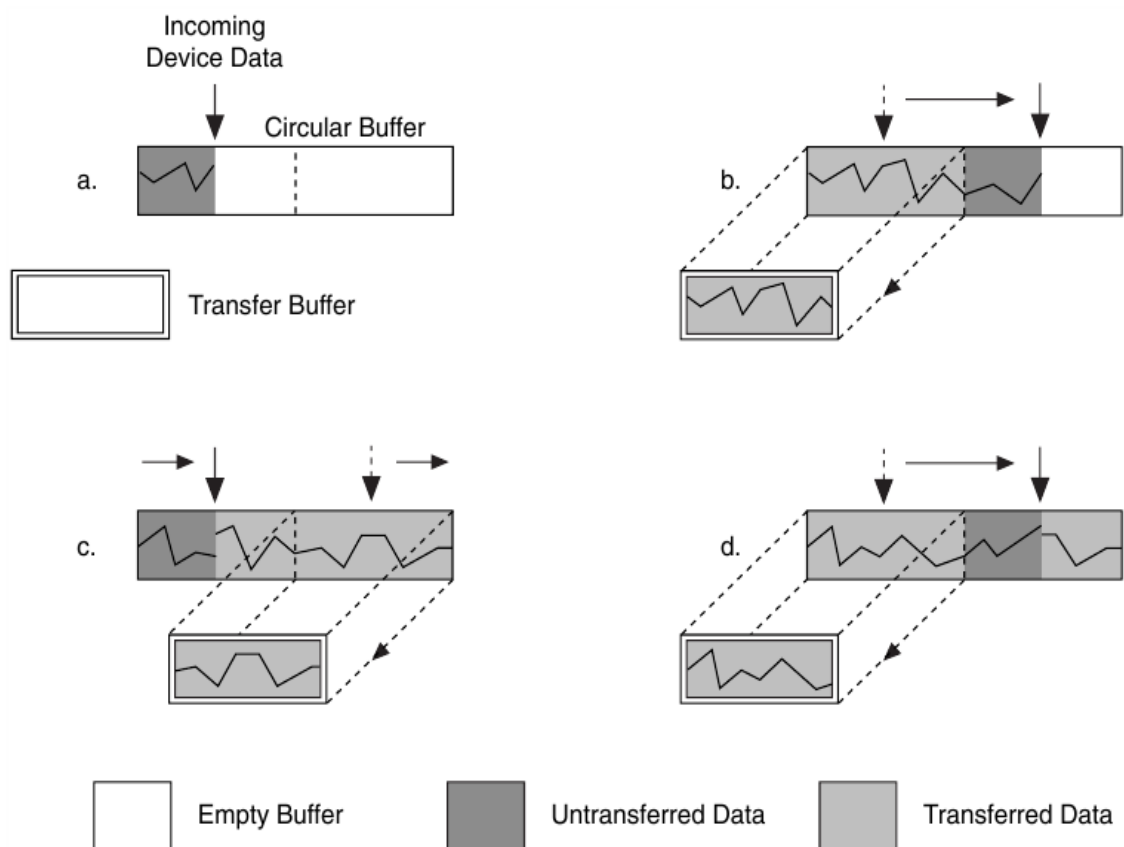
$$\delta_I = \delta_{DAQP-LV} + \delta_{karta} + \delta_{KA} = 0,04 + 0,04048 + 1,5 = 1,58048 \% \quad (4.11)$$

Z výše uvedeného vyplývá, že relativní chyba měřicího řetězce je prakticky dána relativní chybou rozsahů karty, kterou mohou případně zvýšit i elektromagnetické interference. Relativní chyba je maximální možná chyba, která může při měření nastat, a tudíž lze předpokládat, že vlastní měření bylo zatíženo menší chybou, než je relativní chyba.

## **4.2.Jednoduchá a dvojitá kruhová vyrovnávací paměť měřicího systému**

Tradiční softwarové techniky pro sběr dat, jako je technika sběru dat s jednoduchou vyrovnávací pamětí, jsou úspěšně používány v mnoha aplikacích. Při těchto technikách sběru dat je po spuštění programu v paměti počítače vytvořena jednoduchá vyrovnávací paměť, do které jsou ukládána data získaná pomocí DAQ zařízení. Tato data mohou být po ukončení snímání dále zpracovávána nebo vyhodnocována. DAQ zařízení však naměří jen konečný počet vzorků, které se uloží do jednoduché vyrovnávací paměti. Hlavní nevýhodou jednoduché vyrovnávací paměti je, že množství dat je limitováno daným dosažitelným množstvím volného místa v paměti počítače. Proto tyto techniky sběru dat, využívající techniku jednoduché vyrovnávací paměti, nejsou vhodné pro kontinuální sběr a ukládání dat.

Pro kontinuální měření a ukládání většího množství dat je používáno několik technik. Jednou z nich je dvojitá kruhová vyrovnávací paměť. Firma National Instruments používá dvojitou kruhovou vyrovnávací paměť pro kontinuální, nepřerušovaný sběr dat většího množství. Při použití dvojité kruhové vyrovnávací paměti je v počítači vytvořena kruhová paměť, která je rozdělena na dvě stejně velké části. DAQ zařízení začne plnit kruhovou vyrovnávací paměť a když se přiblíží konec kruhové paměti, DAQ zařízení se vrátí na začátek kruhové paměti a začne ji plnit novými daty. Tento proces může pokračovat do nekonečna bez přerušení. [7]



Obr. 4.1 - popis principu dvojité kruhové vyrovnávací paměti [7]

Činnost dvojité kruhové vyrovnávací paměti je zahájena, když DAQ zařízení začne zapisovat data do první poloviny vyrovnávací paměti Obr.4.1a.

Po zaplnění první poloviny kruhové paměti DAQ zařízení začne zapisovat data do druhé poloviny vyrovnávací paměti a NI-DAQ nyní může kopírovat data z první poloviny vyrovnávací paměti do přenosové paměti Obr.4.1b. Tyto data jsou dále ukládána na harddisk počítače.

Jakmile DAQ zařízení zaplní druhou polovinu vyrovnávací paměti, vrátí se na začátek a začne přepisovat starší data v první polovině vyrovnávací paměti Obr.4.1c. Data v druhé polovině vyrovnávací paměti jsou opět zkopírována do přenosové paměti a poté uloženy na disk nebo dále zpracovávána měřicí aplikací.

Proces sběru a ukládání dat může být opakován do nekonečna pro vytvoření kontinuálního řetězce dat měřicí aplikací. Krok Obr.4.1d je ekvivalentem kroku Obr.4.1b. [7]



### 4.3. RTSI sběrnice (Real-Time System Integration Bus)

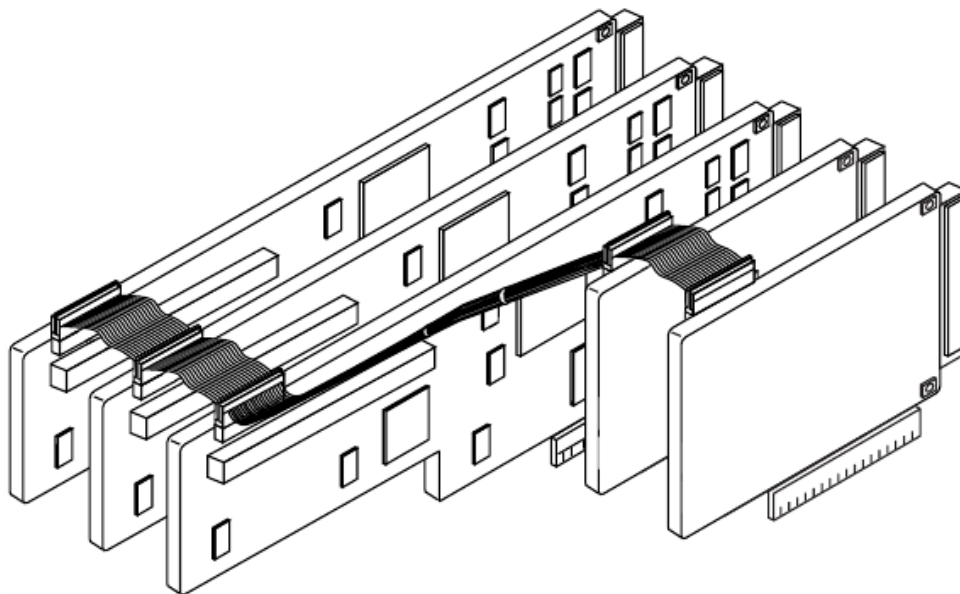
RTSI je zkratka pro sběrnici systémové integrace v reálném čase, speciální vysokorychlostní sběrnici, která usnadňuje integraci systémů s nízkou úrovní, vysokorychlostní komunikací v reálném čase mezi NI kartami. Mnoho NI zařízení používá RTSI sběrnici, s její pomocí karty mohou sdílet vysokorychlostní digitální signály při sběru dat, snímání obrazu nebo digitálních vstupů a výstupů. To vše bez složitého vnějšího propojování kabeláží. RTSI umožňuje těmto zařízením:

- používat klasický hodinový impuls nebo časovou základnu pro řízení časování více zařízení
- sdílet spouštěcí signály mezi zařízeními

V systému PCI se sběrnice RTSI skládá z rozhraní sběrnice RTSI a plochého 34 pinového kabelu. Sběrnice řídí časování a spouštěcí signály mezi vícero funkcemi až pěti zařízení v PC.



*Obr. 4.2 - plochý 34 pinový kabel k propojení zařízení [11]*



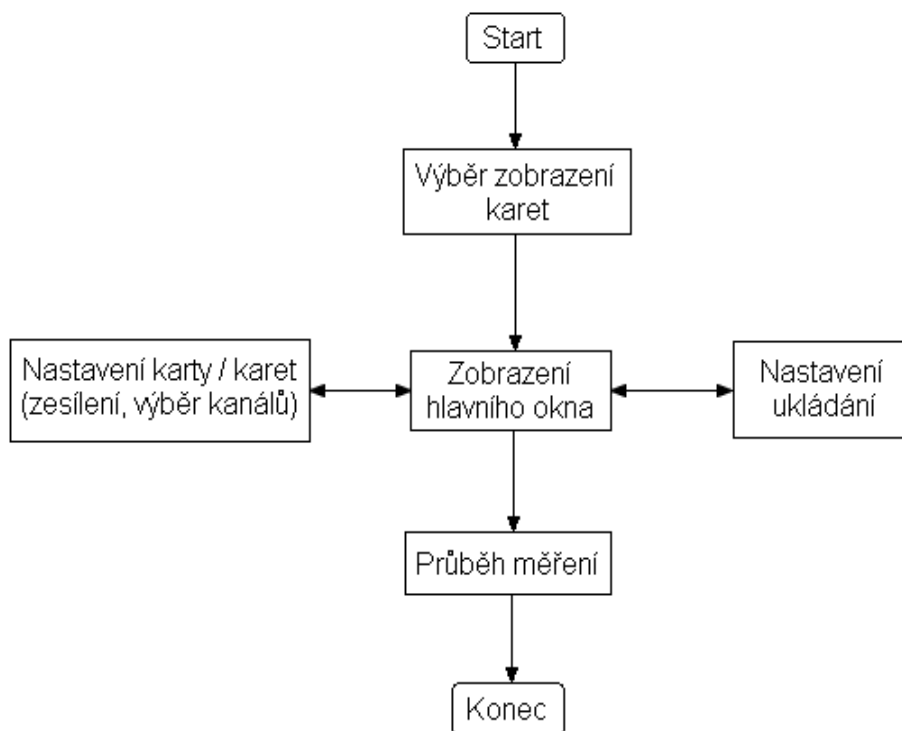
*Obr. 4.3 - propojení pěti zařízení [12]*

U PXI modulů není nutná kabeláž vůbec, protože PXI systém má vestavěnou PXI spouštěcí sběrnici, která zpracovává RTSI funkce. Karta se po vložení do PXI systému napojí na vestavěnou sběrnici. Tato sběrnice řídí časování a spouštěcí signály mezi vícero funkcemi až sedmi zařízení.

## 5. Výpis funkcí programové části měřicího systému a popis měřicí aplikace

Konečný měřicí systém využívá dvojici karet NI PXI-6251. Funkci měřicího systému znázorňuje následující diagram *Obr. 5.1*. Výpis funkcí, které výsledný měřicí systém poskytuje.

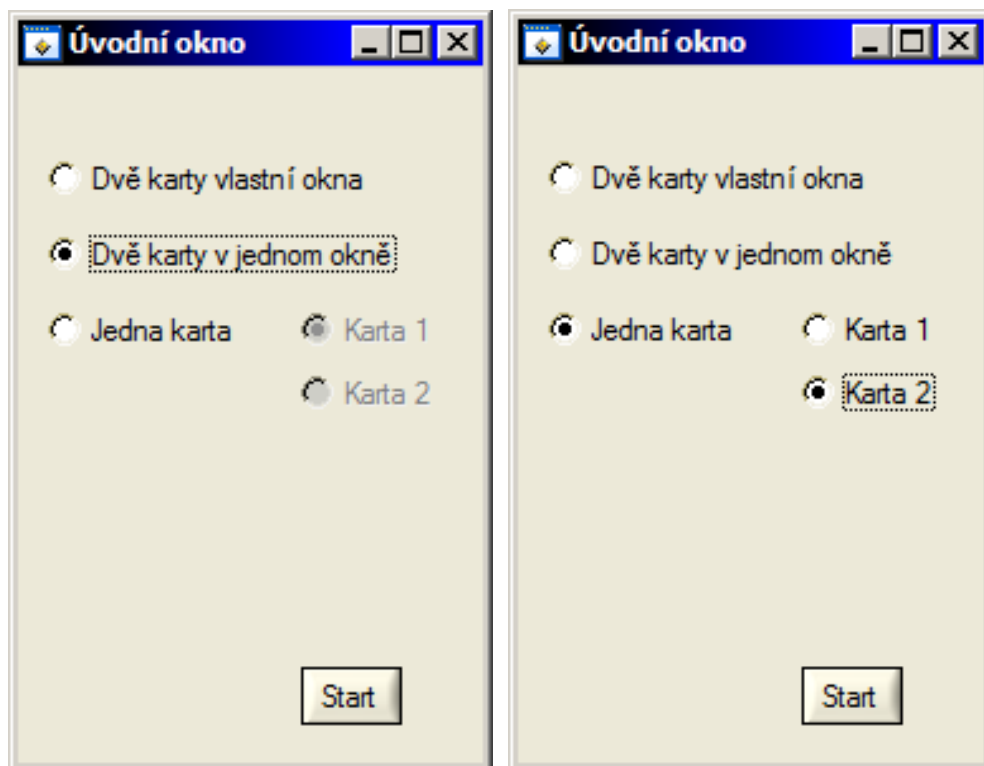
- a. každá karta má svůj vlastní panel s grafem, ve kterém se zobrazují signály na kanálech
- b. obě karty se zobrazují na jeden graf
- c. zesílení
  - volba mezi předepsanými hodnotami
  - dále pak je každý kanál možno vynásobit hodnotou jakou si navolí uživatel
- d. měření a ukládání
  - měření bez ukládání - kontinuální měření
  - měření s manuálním spuštěním a ukončením ukládání
  - ukládání okamžitě po spuštění měření s manuálním vyplutím
  - jednorázové měření - měření a ukládání dat po přesně určenou dobu



*Obr. 5.1 - Vývojový diagram programu*

Po spuštění programu měřicího systému je zobrazena výzva k výběru režimu zobrazení karet Obr. 5.2 a, b.

- a. obě karty samostatně
- b. obě karty v jednom okně
- c. jedna karta (zde je možno si vybrat kterou zobrazit)



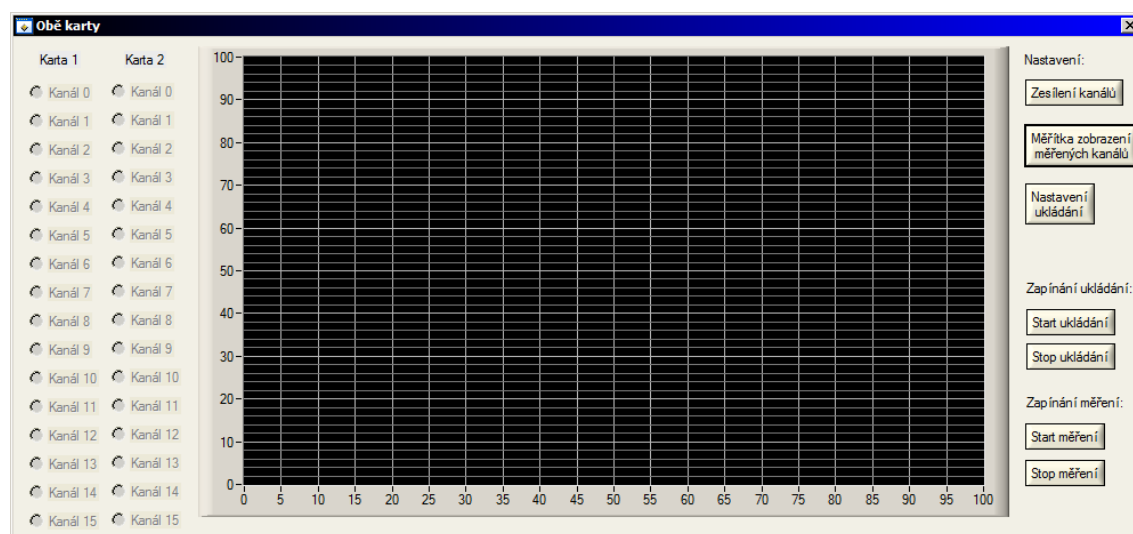
Obr. 5.2 a, b - Výběr zobrazení karet

Po stisku tlačítka „Start“ se zobrazí vybraný režim karet. V okně s grafem Obr. 8.3 se dále nastavují další parametry.

Hlavní část okna je oblast grafu, kvůli přehlednosti a dobrému odečítání hodnot.

Po jeho levé straně je výpis kanálů. Kanály, které lze označit, a jsou označeny, se zobrazují v grafu. Takto je zajištěna přehlednost odečítaných dat.

Napravo od grafu jsou tlačítka pro nastavení zesílení, vzorkovací frekvence, aktivaci kanálů, režimu a místa ukládání, spouštění a ukončování ukládání a měření.



Obr. 5.3 - Okno pro obě karty

Po stisku tlačítka „Zesílení kanálů“ se zobrazí okno Obr. 5.4, kde se nastavuje zesílení kanálů podle rozsahů, které jsou k dispozici. Povolují se zde kanály, které se mají zobrazovat v okně s grafem. Používá-li se pouze jedna karta, je možno nastavovat pouze ji, ta která není používána, má nastavování zašedlé.

**Nastavení zesílení kanálů a vzorkovací frekvence**

Karta 1 ☒ Jednotná hodnota 1 -5/+5 V

☐ Všechny kanály

Vzorkovací frekvence

Počet bodů

|                                                         |                                                          |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Kanál 0 <span>1 -5/+5 V</span> | <input type="checkbox"/> Kanál 8 <span>1 -5/+5 V</span>  |
| <input type="checkbox"/> Kanál 1 <span>1 -5/+5 V</span> | <input type="checkbox"/> Kanál 9 <span>1 -5/+5 V</span>  |
| <input type="checkbox"/> Kanál 2 <span>1 -5/+5 V</span> | <input type="checkbox"/> Kanál 10 <span>1 -5/+5 V</span> |
| <input type="checkbox"/> Kanál 3 <span>1 -5/+5 V</span> | <input type="checkbox"/> Kanál 11 <span>1 -5/+5 V</span> |
| <input type="checkbox"/> Kanál 4 <span>1 -5/+5 V</span> | <input type="checkbox"/> Kanál 12 <span>1 -5/+5 V</span> |
| <input type="checkbox"/> Kanál 5 <span>1 -5/+5 V</span> | <input type="checkbox"/> Kanál 13 <span>1 -5/+5 V</span> |
| <input type="checkbox"/> Kanál 6 <span>1 -5/+5 V</span> | <input type="checkbox"/> Kanál 14 <span>1 -5/+5 V</span> |
| <input type="checkbox"/> Kanál 7 <span>1 -5/+5 V</span> | <input type="checkbox"/> Kanál 15 <span>1 -5/+5 V</span> |

Karta 2 ☒ Jednotná hodnota 1 -5/+5 V

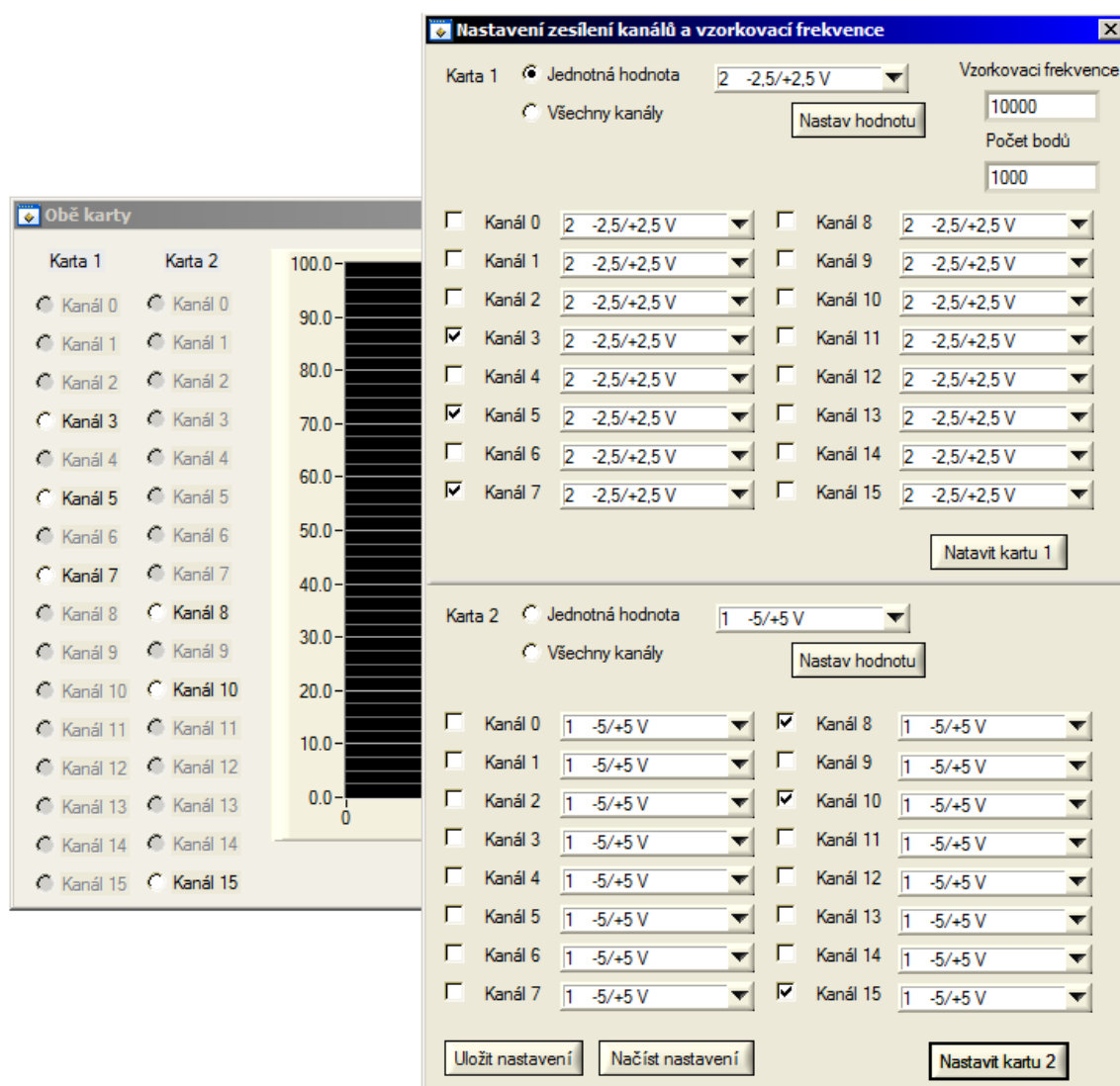
☐ Všechny kanály

|                                                         |                                                          |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Kanál 0 <span>1 -5/+5 V</span> | <input type="checkbox"/> Kanál 8 <span>1 -5/+5 V</span>  |
| <input type="checkbox"/> Kanál 1 <span>1 -5/+5 V</span> | <input type="checkbox"/> Kanál 9 <span>1 -5/+5 V</span>  |
| <input type="checkbox"/> Kanál 2 <span>1 -5/+5 V</span> | <input type="checkbox"/> Kanál 10 <span>1 -5/+5 V</span> |
| <input type="checkbox"/> Kanál 3 <span>1 -5/+5 V</span> | <input type="checkbox"/> Kanál 11 <span>1 -5/+5 V</span> |
| <input type="checkbox"/> Kanál 4 <span>1 -5/+5 V</span> | <input type="checkbox"/> Kanál 12 <span>1 -5/+5 V</span> |
| <input type="checkbox"/> Kanál 5 <span>1 -5/+5 V</span> | <input type="checkbox"/> Kanál 13 <span>1 -5/+5 V</span> |
| <input type="checkbox"/> Kanál 6 <span>1 -5/+5 V</span> | <input type="checkbox"/> Kanál 14 <span>1 -5/+5 V</span> |
| <input type="checkbox"/> Kanál 7 <span>1 -5/+5 V</span> | <input type="checkbox"/> Kanál 15 <span>1 -5/+5 V</span> |

Obr. 5.4 - Okno nastavení zesílení a kanálů

Zesílení kanálů je možno nastavovat jak pro všechny kanály najednou, tak pro každý kanál zvlášť. Po zatržení možnosti „Jednotná hodnota“ je možno vybrat jednu z hodnot zesílení. Jakmile se stiskne tlačítko „Nastav hodnotu“, všech šestnáct kanálů se nastaví na předem nastavenou hodnotu. I nyní je možno kterýkoli kanál samostatně nastavit na jinou hodnotu.

Dalším důležitým parametrem, který se zde dá nastavit je vzorkovací frekvence a počet bodů v grafu.



Obr. 5.5 - Reakce na povolení tří kanálů každé karty

Povolení kanálů je také možno nastavovat hromadně nebo samostatně. To se uskutečňuje pomocí povolení či zakázání hodnoty „Všechny kanály“. Veškeré nastavení kanálů v okně s grafem se nastaví teprve po stisku tlačítka „Nastavit kartu x“ (kde x nahrazuje číslo první či druhé karty). Na Obr. 5.5 je nastaveno na všech kanálech první karty zesílení dvě a jsou povoleny pouze kanály 3, 5 a 7. Jak lze pozorovat na kartě s grafem na Obr. 5.5 všechny kanály, kromě kanálů 3, 5 a 7, jsou zašedlé. Obdobné je to i s kanály druhé karty.

Nastavení karty je možno uložit a po novém spuštění opět načíst pomocí tlačítek „Uložit nastavení“ a „Načíst nastavení“.

| Karta 1  |      | Karta 2  |       |
|----------|------|----------|-------|
| Kanál 0  | 1.00 | Kanál 0  | 1.00  |
| Kanál 1  | 1.00 | Kanál 1  | 1.00  |
| Kanál 2  | 1.00 | Kanál 2  | 1.00  |
| Kanál 3  | 2.50 | Kanál 3  | 1.00  |
| Kanál 4  | 1.00 | Kanál 4  | 1.00  |
| Kanál 5  | 1.00 | Kanál 5  | 1.00  |
| Kanál 6  | 1.00 | Kanál 6  | 1.00  |
| Kanál 7  | 6.00 | Kanál 7  | 1.00  |
| Kanál 8  | 1.00 | Kanál 8  | 11.00 |
| Kanál 9  | 1.00 | Kanál 9  | 1.00  |
| Kanál 10 | 1.00 | Kanál 10 | 2.00  |
| Kanál 11 | 1.00 | Kanál 11 | 1.00  |
| Kanál 12 | 1.00 | Kanál 12 | 1.00  |
| Kanál 13 | 1.00 | Kanál 13 | 1.00  |
| Kanál 14 | 1.00 | Kanál 14 | 1.00  |
| Kanál 15 | 1.00 | Kanál 15 | 3.00  |

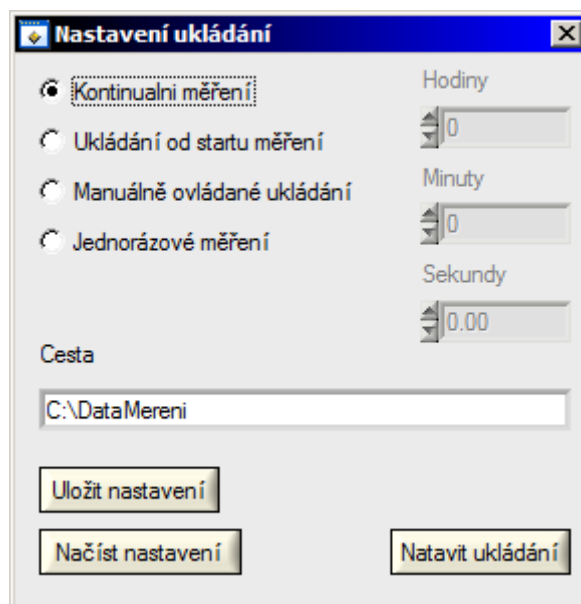
Obr. 5.6 - Nastavení měřítek zesílení

Po stisku tlačítka „Měřítka zobrazení měřených kanálů“ v hlavním okně se zobrazí okno s nastavením měřítka kanálů zobrazovaných v grafu. Toto nastavení je implementováno do této aplikace, z důvodu usnadnění odečítání měřených hodnot. Zesílení, které se nastavuje v okně zesílení kanálů Obr. 5.4, mění zesílení pouze podle rozsahů, které podporuje měřicí karta. Pomocí okna s nastavením měřítek Obr. 5.6 se naměřené hodnoty kartou „pouze“ vynásobí hodnotou, která je zapsána uživatelem. Toto zesílení slouží k jemnějšímu nastavení, než je možno získat předepsanými rozsahy zesílení.

Nastavovat dodatečné zesílení je však možno pouze u kanálů, které jsou aktivní.

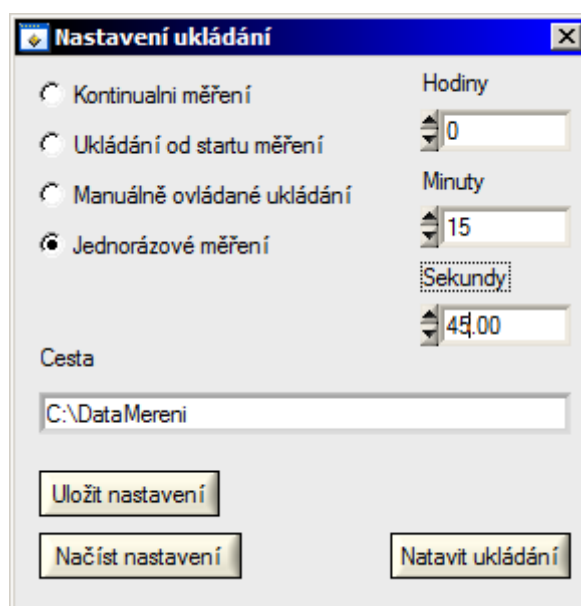
Opět je zde možnost uložení a načtení nastavení.





Obr. 5.7 - okno pro nastavení režimu a cesty ukládání

Po stisku tlačítka „Nastavení ukládání“ v hlavním okně se zobrazí okno, kde se nastavuje režim ukládání a cesta pro uložení naměřených dat.



Obr. 5.8 - režim s časovaným ukládáním

Při vybrání režimu „Jednorázové měření“ se po spuštění měření se začne odpočítávat nastavený čas. Po jeho vypršení se přestanou ukládat měřená data.

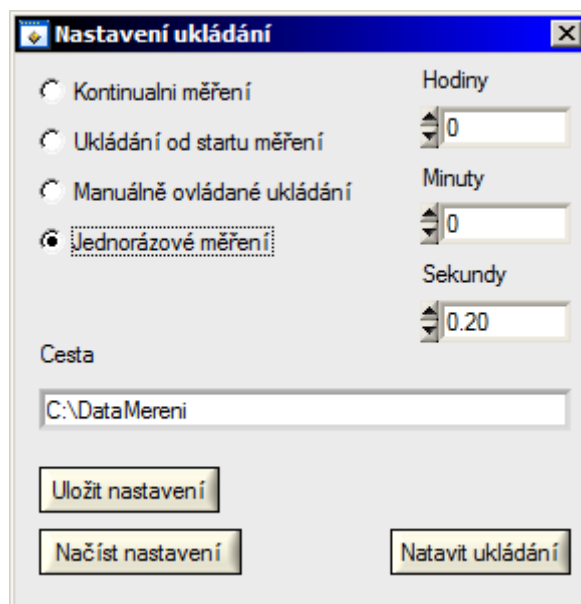
## 6. Experimentální měření

Měření proběhlo na asynchronním motoru na prázdko, se jmenovitými parametry:

- Jmenovitý výkon: 4 kW
- Jmenovité napětí: 400 V
- Jmenovitý proud: 8,1 A
- Jmenovitá frekvence: 50 Hz
- Jmenovité otáčky: 1440 min<sup>-1</sup>
- Jmenovitá účinnost: 86,6 %
- Třída účinnosti: IE2

Měřilo se na prvních třech kanálech první i druhé karty. Rozsahy kanálů karet byly nastaveny na hodnotu  $\pm 5$  V.

Obr. 6.1 - nastavení karet



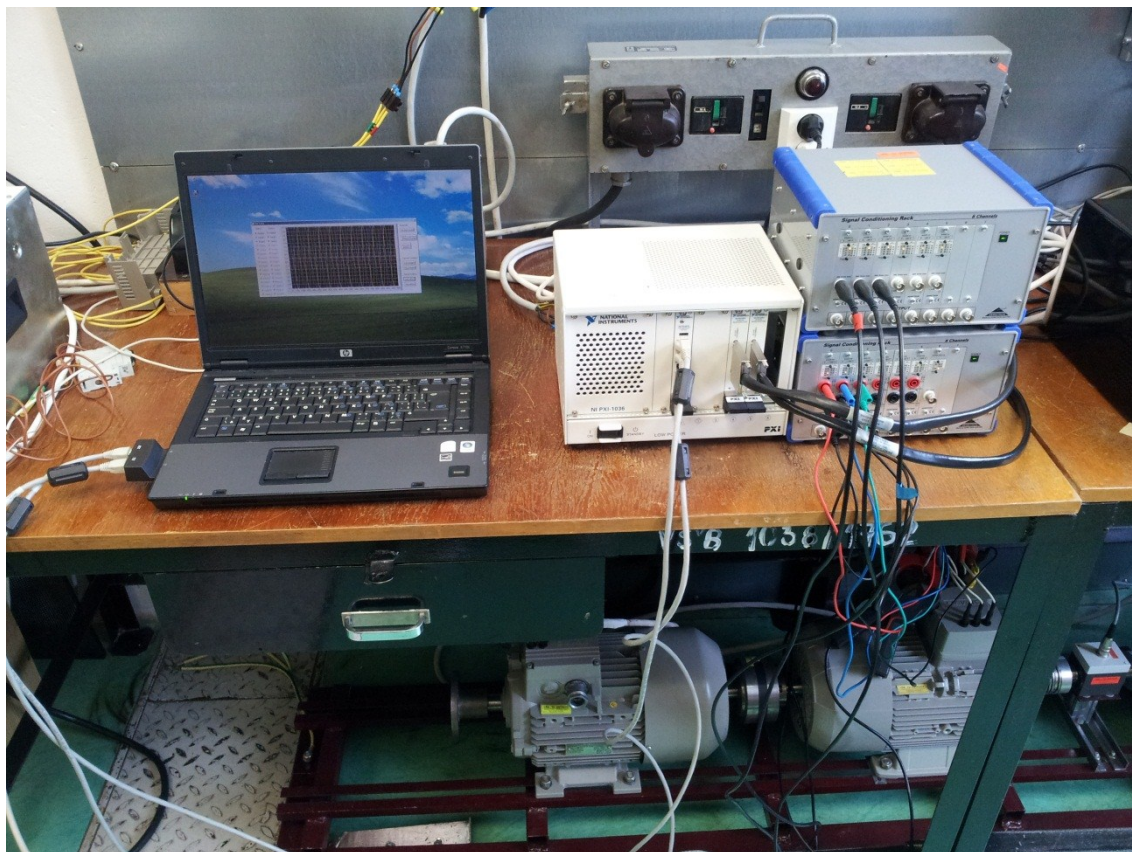
*Obr. 6.2 - volba ukládacího režimu*

Experimentální měření proběhlo s nastavenou hodnotou vzorkovací frekvence 50 kHz na kanál a 10000 bodů. To odpovídá měření po dobu 0,2 s.

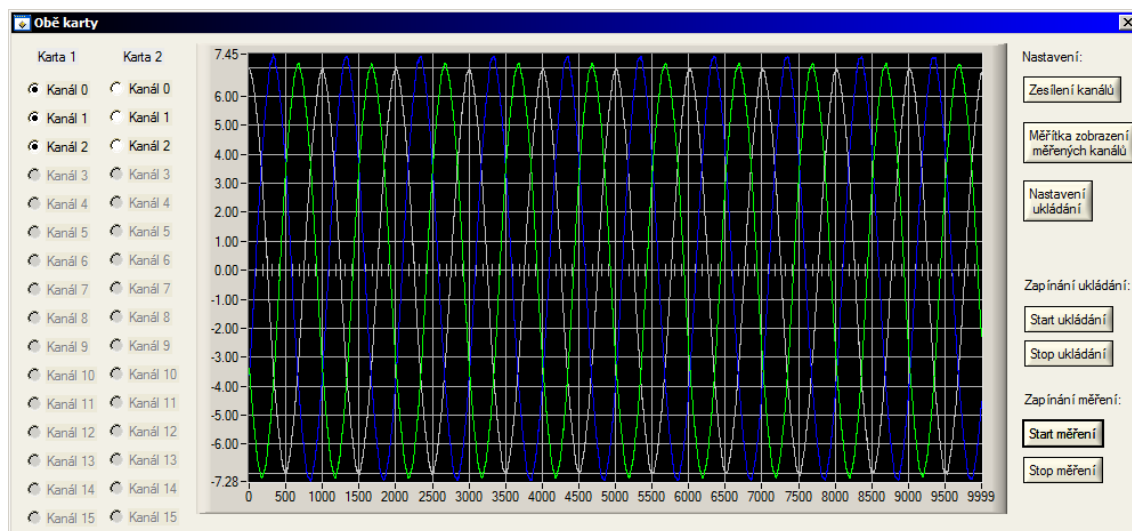
Na Signal Conditioning Rack Dewetron DAQP-HV napěťové větve byl nastaven rozsah 400 V efektivních.

Na klešťových ampérmetrech C35N byl nastaven rozsah 10 mA na 1A a na Signal Conditioning Rack Dewetron DAQP-LV proudové větve byl nastaven rozsah 200 mV.

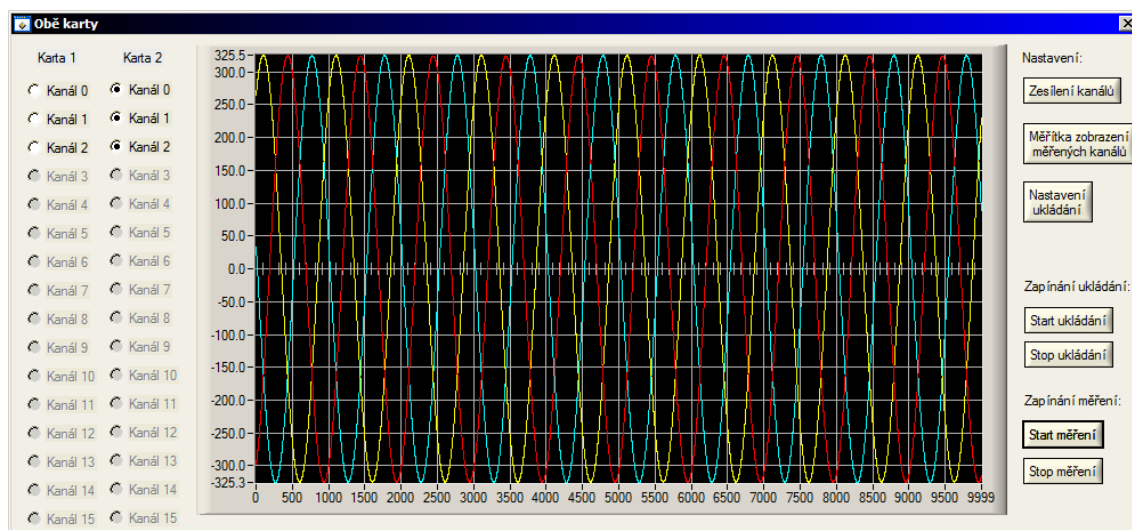
Jako zdroj byl použit střídavý třífázový zdroj ASX3120 s hodnotou napětí 230V ve všech třech fázích.



Obr. 6.3 - měřicí řetězec



Obr. 6.4 - 3 fáze proudu



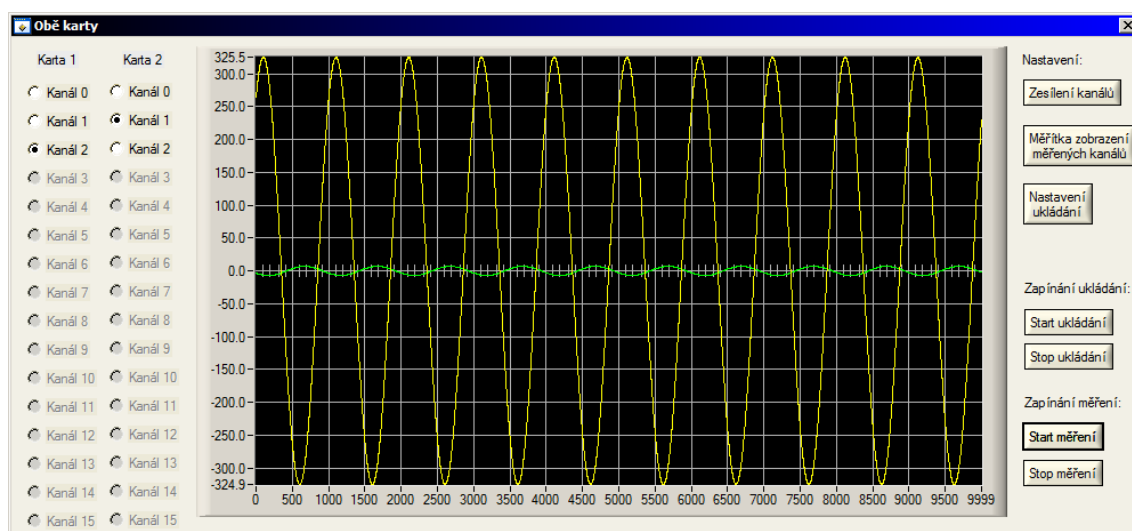
Obr. 6.5 - 3 fáze napětí

Vypočtené efektivní hodnoty proudu:

- 1. fáze - 4,95 A
- 2. fáze - 5,27 A
- 3. fáze - 5,06 A

Vypočtené efektivní hodnoty napětí:

- 1. fáze - 230,1 V
- 2. fáze - 230,1 V
- 3. fáze - 230,2 V



Obr. 6.6 - zobrazení jedné fáze proudu a napětí

## 7. Závěr

Cíl této bakalářské práce byl úspěšně splněn. Byl vytvořen měřicí systém na bázi dvou měřících karet NI PXI-6251 pro měření a záznam okamžitých hodnot elektrických signálů.

Uplatnění pro měřicí systém založený na hardwaru firmy National Instruments je možno nalézt ve všech možných inženýrských odvětvích. Možnost vytvořit si vlastní měřicí aplikaci je velikou výhodou. Je možno vytvořit aplikaci přesně na míru svým potřebám.

K programování měřících aplikací je možno využít velké škály programovacích prostředí, z nichž jsem se nejprve seznámil s LabView a poté využil Lab Windows CVI. Je tedy možno využít jak grafického tak i textově orientovaného programování. To pro mne bylo příjemným zjištěním, protože jsem vždy programoval pouze v textově orientovaných prostředích a v grafickém prostředí mi programování přišlo nepřehledné.

I přes to že jsem vytvářel tento měřicí systém bez jakékoli předchozí znalosti virtuální instrumentace, mě tato oblast měřicí techniky velice zaujala a rád bych se jí věnoval i v budoucnosti. Mnou navržený měřicí systém je možné dále rozvíjet a rozšířit o další aplikační funkce, především z oblasti analýzy měřených dat a jejich charakteristik. Se zaznamenanými daty je prozatím možno pracovat v režimu off-line.

## 8. Seznam použité literatury

- [1] < <http://www.odbornecasopisy.cz> >  
[http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=32427](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=32427) [Datum citace: 20.12.2010]
- [2] < <http://sine.ni.com> > <http://sine.ni.com/nips/cds/print/p/lang/en/nid/14125> [Datum citace: 26.12.2010]
- [3] < <http://sine.ni.com> > <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/202154> [Datum citace: 26.12.2010]
- [4] < <http://digital.ni.com> >  
<http://digital.ni.com/manuals.nsf/websearch/30E367731CB6BA08862577470003F4B2>, DAQ Getting Started Guide, Edition Date: July.2010, Part Number: 373737D-01
- [5] jméno není, PXI mate: A guide to using PXI for Functional Testing of Analog, Digital and RF system by Pickering Interfaces. Reg No. FM38792
- [6] Doc. Ing. Jan Žídek, CSc., Grafické programování ve vývojovém prostředí LabVIEW: Výukové skriptum. Ostrava. 2002
- [7] < <http://digital.ni.com> > NI-DAQ User Manual for PC Compatibles, Edition Date: September 2000 Part Number: 321644H-01 Software Revision Version: 6.9 [Datum citace: 17.3.2012]
- [8] < <http://sine.ni.com> > <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/2601> [Datum citace: 19.1.2012]
- [9] < <http://sine.ni.com> > <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/202053> [Datum citace: 27.12.2012]
- [10] NI 625x Specifications, [www.ece.rice.edu/~jdw/data\\_sheets/625x.pdf](http://www.ece.rice.edu/~jdw/data_sheets/625x.pdf)
- [11] < <http://sine.ni.com> > <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/12631>
- [12] < <http://zone.ni.com> > <http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/370592N-01/digitizers/rtsi/>

## 9. Seznam obrázků

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| 2.1 Blokové schéma sběru dat.....                              | 11 |
| 2.2 Karta PXI-6251 .....                                       | 12 |
| 2.3 Zařízení potřebné k připojení kontroléru k notebooku ..... | 13 |
| 2.4 Šasi NI PXI-1036 .....                                     | 14 |
| 2.5 Popis šasi.....                                            | 14 |
| 3.1 Zobrazení karet PXI.....                                   | 17 |
| 3.2 Program pro měření jednou kartou 3 kanály.....             | 18 |
| 3.3 Nastavení zesílení .....                                   | 18 |
| 3.4 Měření šesti kanálů .....                                  | 19 |
| 3.5 Zapojení měřicí karty.....                                 | 20 |
| 4.1 Popis principu dvojité kruhové vyrovnávací paměti.....     | 24 |
| 4.2 Plochý 34 pinový kabel k propojení zařízení .....          | 25 |
| 4.3 Propojení pěti zařízení .....                              | 26 |
| 5.1 Vývojový diagram programu .....                            | 27 |
| 5.2 a, b Výběr zobrazení karet .....                           | 28 |
| 5.3 Okno pro obě karty .....                                   | 29 |
| 5.4 Okno nastavení zesílení a kanálů .....                     | 30 |
| 5.5 Reakce na povolení tří kanálů.....                         | 31 |
| 5.6 Nastavení měřitek zesílení .....                           | 32 |
| 5.7 Okno pro nastavení režimu a cesty ukládání .....           | 33 |
| 5.8 Režim s časovaným ukládáním.....                           | 33 |
| 6.1 Nastavení karet.....                                       | 34 |
| 6.2 Volba ukládacího režimu .....                              | 35 |
| 6.3 Měřicí řetězec.....                                        | 36 |
| 6.4 3 fáze proudu.....                                         | 36 |
| 6.5 3 fáze napětí .....                                        | 37 |
| 6.6 Zobrazení jedné fáze proudu a napětí .....                 | 37 |